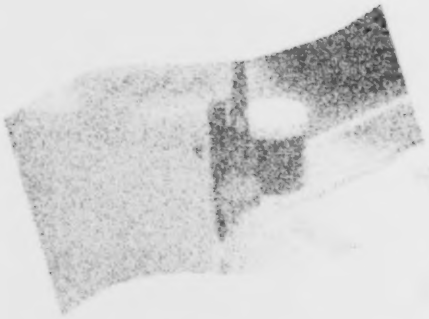
ÉTUDES ET RECHERCHES

Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde

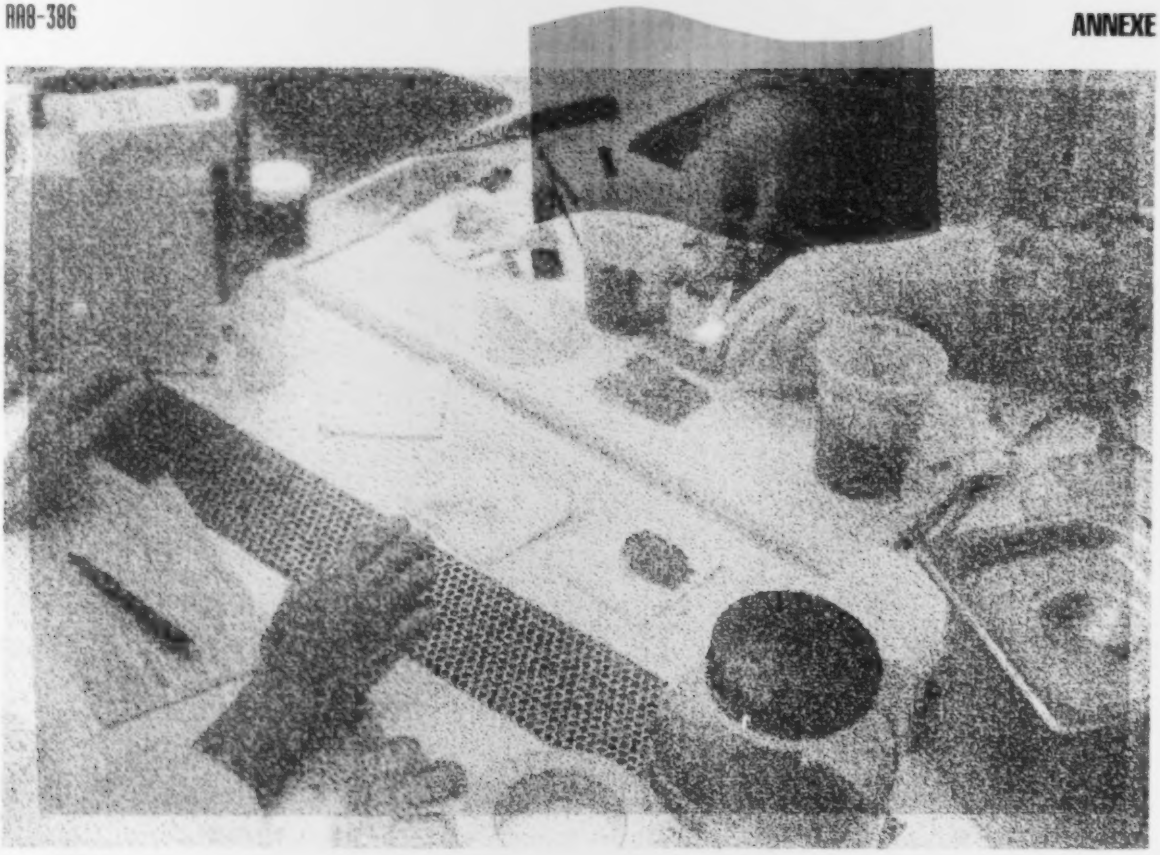
Laboratoires de pathologie



Nicole Goyer
Denis Bégin
Michèle Bouchard
Sophie Buissonnet
Gaétan Carrier
Olivia Gely
Michel Gérin
Pierre Lefebvre
Nolwenn Noisel
Guy Perrault
Brigitte Roberge

RA8-386

ANNEXE



irsst

105-06319/

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, novembre 2004

ÉTUDES ET RECHERCHES

Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde

Laboratoires de pathologie

Nicole Goyer[1], Denis Begin[2], Michèle Bouchard[2], Sophie Buissonnet[1], Gaétan Carrier[2], Olivia Gely[3], Michel Gérin[2], Pierre Lefebvre[3], Nolwenn Noisel[2], Guy Perrault[1] et Brigitte Roberge[1]

[1]Hygiène du travail, IRSST
[2]Santé environnementale et santé au travail, Université de Montréal
[3]Sciences économiques, Université du Québec à Montréal

ANNEXE

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

REMERCIEMENTS

Ce projet n'aurait pu être réalisé sans la collaboration de nombreuses personnes.

Nous remercions très sincèrement les gestionnaires, les pathologistes et le personnel technique des établissements pour leur accueil, la qualité de l'information fournie et leur participation active et efficace lors des mesures sur le terrain. De même, nos remerciements s'adressent aux différents experts qui ont permis de mieux comprendre la réalité québécoise notamment le regroupement des préventionnistes de l'association des hôpitaux du Québec.

LISTE DES ACRONYMES, SYMBOLES OU ABBRÉVIATIONS

CAEQ : classification des activités économiques du Québec
CLSC : Centre local de services communautaires
CRIQ : Centre de recherche industrielle du Québec
CSST : Commission de la santé et de la sécurité au travail du Québec
CTI : classification type des industries
IRSST : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail du Québec
mg /m^3 : milligramme par mètre cube d'air
OSHA : Occupational Safety and Health Administration
P : valeur d'exposition plafond
ppm = partie par million
SCIAN : système de classification des industries de l'Amérique du Nord
StatCan : Statistique Canada
VEA : valeur d'exposition admissible
VEMP : valeur d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS 1
LISTE DES ACRONYMES, SYMBOLES OU ABBRÉVIATIONS 1
1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA RECHERCHE 4
2. DESCRIPTION DU SECTEUR 4
3. DESCRIPTION DES PROCÉDÉS 5
3.1 Principales étapes 5
3.2 Tâches connexes 7
3.3 Autopsie 9
4. EXPOSITION DES TRAVAILLEURS : DONNÉES DE LITTÉRATURE 9
4.1 Données d'exposition 9
4.2 Déterminants de l'exposition 11
5. EXPOSITION DES TRAVAILLEURS : MESURES SUR LE TERRAIN PAR L'IRSST .. 13
6. EXPOSITION DES TRAVAILLEURS : AUTRES MESURES SUR LE TERRAIN 16
7. MATRICES D'EXPOSITION 16
7.1 Discussion concernant les données de la littérature et celles de l'équipe terrain 16
7.2 Élaboration des matrices 17
8. SOURCES D'EXPOSITION 20
9. CORRECTIFS ET PRÉVENTION 21
9.1 Substitution du formaldéhyde 21
9.2 Concentration de formaldéhyde 21
9.3 Méthodes de travail 22
9.4 Ventilation générale 22
9.5 Ventilation locale 22
9.6 Équipements de protection individuelle 23
9.7 Autres 23
10. IMPACTS SUR LA SANTÉ 24
10.1 Établissement de la relation entre l'exposition et les effets sur la santé 24
10.2 Application de la relation au secteur des laboratoires de pathologie 26
11. IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES 28
11.1 Coûts potentiesl 28
11.1.1 Substitution des produits 28
11.1.2 Organisation du travail 28
11.1.3 Ventilation 28
11.1.4 Protection respiratoire 30
11.2 Avantages potentiels 31
11.3 Détermination d'un seuil d'impact majeur 32

12. CONCLUSIONS 33
13. RÉFÉRENCES 35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Catégorisation des laboratoires médicaux selon quatre systèmes de classification d'activité économique en usage en Amérique du Nord 5
Tableau 2 : Nombre de mesures par plage de concentrations dans les laboratoires suisses de pathologie 9
Tableau 3 : Exposition personnelle des technologistes médicaux dans diverses études 10
Tableau 4 : Exposition personnelle des pathologistes au formaldéhyde dans diverses études 10
Tableau 5 : Concentrations moyennes de formaldéhyde en fonction de la ventilation dans une étude suisse 12
Tableau 6 : Exposition des travailleurs de 10 laboratoires de pathologie 14
Tableau 7 : Distribution des travailleurs de 10 laboratoires de pathologie par plages de concentrations 18
Tableau 8 : Distribution de l'ensemble des travailleurs québécois des laboratoires de pathologie par plages de concentrations 19
Tableau 9 : Sources d'exposition au formaldéhyde et travailleurs concernés 20
Tableau 10: Pourcentage moyen théorique de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritatifs modérés ou sévères aux yeux, au nez et à la gorge selon leur exposition au formaldéhyde 25
Tableau 11: Nombre théorique de travailleurs du secteur des laboratoires de pathologie susceptibles de présenter des effets irritatifs en fonction de la concentration 26
Tableau 12 : Résumé des coûts de ventilation (modification aux installations) pour se conformer aux valeurs limites 29
Tableau 13 : Coût annuels d'opération et d'entretien des systèmes de ventilation 30
Tableau 14 : Évaluation des coûts d'abaissement de la valeur plafond, reliés à l'utilisation des appareils de protection respiratoire en pathologie 31
Tableau 15 : Sommaire des coûts de modifications et d'opération de la ventilation et de protection respiratoire 32

1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA RECHERCHE

Le comité paritaire 3.33.1 de la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST), chargé de la révision de l'Annexe 1 du *Règlement sur la santé et la sécurité du travail*, procède aux modifications du règlement par l'établissement de consensus sur chacun des sujets discutés. Dans certains cas, les membres du comité souhaitent disposer d'une meilleure connaissance des impacts de leurs décisions sur la santé et la sécurité des travailleurs, sur la facilité ou la difficulté technique d'entériner ces modifications réglementaires ainsi que sur le contexte socio-économique des industries et des organismes québécois qui sont assujettis à ces modifications. L'abaissement de la valeur d'exposition admissible du formaldéhyde est un de ces cas. La CSST a donc demandé à l'IRSST d'évaluer l'impact socio-économique et sanitaire d'un tel abaissement.

Globalement, le projet vise à évaluer l'impact d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible (VEA) actuelle pour le formaldéhyde, de type plafond située à 2 ppm, vers une VEA plafond ou moyenne pondérée de 1, 0,75 ou 0,3 ppm. Cet objectif comprend une étude des impacts tant sanitaires que socio-économiques. La poursuite de l'objectif global a nécessité la rencontre de divers objectifs spécifiques tels que l'évaluation de l'exposition des travailleurs et l'élaboration de matrices établissement-exposition et emploi-exposition menant à l'évaluation des impacts. L'élaboration des matrices a consisté à élaborer, pour l'ensemble des situations potentielles d'exposition au formaldéhyde, une base de données reliant les caractéristiques professionnelles (secteur, profession, poste) aux procédés et aux données d'exposition disponibles. Cette base de données a servi aux experts à établir les profils quantitatifs d'exposition en fonction des effectifs sous la forme de la matrice secteurs d'activité économique/exposition, et à recueillir les données qualitatives requises pour les travaux des toxicologues et des économistes.

La considération des possibilités de substitution, de modifications de procédés et la description des postes de travail au sein de matrices établissement-exposition et emploi-exposition, ajoutent des éléments aux évaluations d'impacts socio-économique et sanitaire et tentent de dégager les paramètres de la maîtrise de l'exposition.

2. DESCRIPTION DU SECTEUR

Les laboratoires de pathologie des hôpitaux ont été choisis comme l'un des secteurs prioritaires (groupe 1) sur la base des travaux de l'organisme américain Occupational Safety and Health Administration (OSHA) effectués durant les années 80 pour réviser leur norme d'exposition professionnelle au formaldéhyde. La priorisation de ce secteur a été confirmée par l'étude préliminaire de l'actuelle équipe de recherche (1).

Le tableau 1 présente la place qu'occupent ces laboratoires dans les différentes classifications économiques en usage (2-5).

Tableau 1 : Catégorisation des laboratoires médicaux selon quatre systèmes de classification d'activité économique en usage en Amérique du Nord

Classification	Code	Libellé
SIC 1987 USA (2)	8071	Medical Laboratories
CTI 1980 Canada (3)	8681	Laboratoires médicaux
CAEQ 1984 Québec (4)	8681	Laboratoires médicaux
SCIAN 1997 Canada (5)	621510	Laboratoires médicaux et d'analyses diagnostiques

Les laboratoires de pathologie sont un sous ensemble des laboratoires médicaux. On les appelle également laboratoires de biologie médicale. Les laboratoires de médecine légale en font partie; on y pratique des autopsies et de l'histologie. On exclut les laboratoires de bactériologie, d'art dentaire ou radiologiques. Au Québec, la grande majorité des laboratoires de pathologie constituent un service à l'intérieur des hôpitaux publics. Les salles d'autopsie font partie du service de pathologie mais sont habituellement situées dans un endroit différent dans l'hôpital.

3. DESCRIPTION DES PROCÉDÉS

Dans le laboratoire de pathologie, on fait de l'anatomie pathologique ou anatomopathologie c'est-à-dire que l'on étudie les modifications structurales notamment morphologiques, provoquées par les maladies, pouvant affecter les organes, les tissus et les cellules des différentes parties du corps. L'anatomie pathologique sert de support au diagnostic et au pronostic. Pour ce faire, des prélèvements sont faits par les différents spécialistes de la santé et sont acheminés au laboratoire de pathologie. Les principales étapes qui permettent d'arriver à un diagnostic et les tâches connexes au fonctionnement adéquat d'un laboratoire de pathologie sont décrites, telles qu'observées dans 10 laboratoires de pathologie des hôpitaux du Québec.

3.1 Principales étapes

A. Préparation des solutions de formaldéhyde et remplissage des pots devant recevoir les spécimens anatomiques.

À partir d'une solution commerciale à 37 % de formaldéhyde, une dilution à 10 % est faite. Des solutions déjà diluées sont aussi disponibles commercialement. Cette solution est vidée dans des pots de différents volumes (10 mL, 50 mL ou plus) qui sont distribués aux différents secteurs d'utilisation tels que les salles d'opération, les salles d'autopsie, les services de gynécologie, d'endocrinologie et autres.

B. Réception des spécimens anatomiques au laboratoire

Les spécimens en provenance des salles d'opération, d'autopsie et d'autres services tels que la maternité peuvent être fixés (i.e. conservés dans une solution de formaldéhyde 10 %) ou frais.

C. Macroscopie des spécimens anatomiques

Cette étape a pour but de décrire les spécimens à l'œil nu. Les procédures varient selon que les spécimens sont fixés ou frais.

- Spécimens fixés

Les spécimens sont retirés de leur pot et placés sur la table de travail sous hotte. Ils sont observés, mesurés, pesés et des prélèvements y sont effectués et mis en cassette. Certains spécimens tels que les cerveaux et les placentas doivent être rincés longuement et mis dans l'eau préalablement à leur coupe. Les cassettes sont disposées dans un contenant d'environ 80 à 100 cm^3 rempli de formaldéhyde à 10 %. Celles-ci seront ensuite traitées pour l'analyse microscopique subséquente (étape D). Les parties restantes des spécimens sont replacées dans leur pot contenant la solution de formaldéhyde à 10 % et gardées en réserve le temps requis, sur des étagères ou dans des armoires habituellement non ventilées.

Pour les très petits spécimens tels que les biopsies, ils sont mis entièrement en cassette. La solution de formaldéhyde est alors vidangée dans un bidon (ou à l'évier) et les pots sont jetés dans une poubelle ouverte, située à l'extérieur de la hotte.

Les gants et les papiers adsorbants souillés sont également jetés dans cette poubelle.

- Spécimens frais

La macroscopie de spécimens frais se fait dans deux situations. La première est due au fait que certains spécimens exigent d'être observés à l'état frais. La deuxième est une situation d'urgence où les spécimens qui normalement auraient été fixés dans le formaldéhyde sont acheminés frais au laboratoire où ils sont congelés rapidement à l'azote de façon à pouvoir les manipuler. Dans ces deux cas, il n'y a pas de formaldéhyde lors de la macroscopie. Cependant, après la macroscopie, les parties restantes de ces spécimens peuvent être placées dans une solution de formaldéhyde pour être conservées le temps requis.

D. Préparation des tissus (mise en circulation des pièces)

Les prélèvements mis en cassette lors de la macroscopie sont placés dans un appareil qui sert à les préparer pour l'observation microscopique en les déshydratant par le passage successif de trois solutions : toluène, éthanol et formaldéhyde à 2 %. Les pièces sont ensuite paraffinées. On appelle cette opération, la préparation ou la mise en circulation des pièces et l'appareil utilisé est appelé le préparateur de pièces.

Généralement, le préparateur de pièces est mis en route tous les soirs lorsque les prélèvements sont terminés. Les cassettes sont rangées dans un panier de l'appareil, le couvercle est refermé et l'appareil est mis en marche. L'opération dure en moyenne moins de cinq minutes. Les cassettes sont retirées de la paraffine le lendemain matin.

E. Microtomie, coloration et observation microscopique

Les prélèvements paraffinés sont passés au microtome, un appareil qui en fait des coupes très fines. Les sections sont ensuite placées sur des lames de verre et stockées. Il n'y a pas d'utilisation de formaldéhyde à cette étape.

Les tissus montés sur lames sont colorés pour faciliter l'observation des structures au microscope. Une solution à 37 % de formaldéhyde est utilisée avec le colorant mercurique nommé B2. Son utilisation est cependant très rare et n'a pas été observée.

L'observation au microscope permet de décrire le spécimen et de poser le diagnostic. Les données sont saisies par une secrétaire.

3.2 Tâches connexes

F. Élimination des spécimens de réserve

Après le temps requis de conservation (1 mois après que le rapport du pathologiste soit déposé), les spécimens sont éliminés. Ce travail doit être fait sous hotte. Les pots contenant les spécimens sont ouverts et leur contenu est vidé dans une passoire :

- Les spécimens sont jetés dans une poubelle de déchets biomédicaux, constituée d'un (ou deux) sac de plastique inséré dans une boîte de carton plastifié. Lorsque le sac est plein, il est attaché, la boîte fermée, pesée et placée dans un endroit du laboratoire ou dans le corridor. Si elle est trop pesante, il faut alors retirer des morceaux et les jeter dans un autre sac.
- Le liquide constitué de la solution de formaldéhyde et de liquides anatomiques est recueilli dans un bidon ou dans un système de récupération situé sous la table de travail. Le liquide

récupéré est soit recyclé (voir G) soit neutralisé et jeté à l'évier (voir H) ou entreposé en attendant d'être recueilli par une firme spécialisée.

- Les pots de plastique habituellement de petites dimensions sont jetés dans une poubelle alors que ceux de verre sont rincés et lavés (voir I)

G. Recyclage du formaldéhyde

Le liquide est transvidé dans un appareil de recyclage du formaldéhyde. Ce système en circuit fermé est complètement automatisé. L'opérateur n'a pas à intervenir pendant le cycle de recyclage. Celui-ci peut cependant être exposé au formaldéhyde lors de la purge de l'appareil, lors de son entretien notamment pendant le nettoyage des filtres et lorsqu'il ajuste à 10 % la concentration du formaldéhyde recyclé par ajout d'une solution concentrée à 37 %.

H. Neutralisation du formaldéhyde

S'il est rejeté à l'égout, le formaldéhyde doit être préalablement neutralisé. Le neutralisant utilisé est une solution d'acide phosphorique, habituellement le Vytac®. Il sert à neutraliser en particulier le formaldéhyde à 2 % provenant de l'appareil à préparer les tissus. La durée de neutralisation du formaldéhyde est de 24 heures. Nous avons observé dans un des établissements que cette opération était faite dans un évier, bouché intentionnellement pendant la période de neutralisation.

I. Récupération des pots de verre

Les pots de verre sont rincés puis acheminés à la laverie. Le rinçage se fait dans un évier du laboratoire de pathologie.

J. Vidange et entretien de l'appareil à préparer les tissus

Les solutions de toluène, éthanol et formaldéhyde doivent être remplacées périodiquement, de 1 à 3 fois par semaine. L'opération d'entretien dure de 15 à 30 minutes. Il existe des instruments automatisés où les solutions sont pompées.

L'ensemble de ces tâches sont réalisées par quatre catégories de travailleurs : les pathologistes, les technologues médicaux ou assistants pathologistes, les assistants techniques (incluant les préposés aux autopsies) et les secrétaires. Dans les laboratoires visités, le travail de macroscopie et de préparation de spécimens était surtout fait par les technologues, occasionnellement par les pathologistes. Le travail de préparation des solutions, d'entretien des équipements et de vidange des spécimens était fait par l'assistant technique lorsque présent, sinon par le technologue. Les secrétaires font la saisie des données administratives et médicales.

3.3 Autopsie

Les salles d'autopsies font généralement partie du service de pathologie mais peuvent être situées dans un endroit différent dans l'hôpital. En 1998 au Québec on a pratiqué 5 563 autopsies, dont 2 000 au laboratoire des sciences judiciaires et de médecine légale, sur un total de 54 181 décès (6,7). La durée d'une autopsie est d'à peu près deux à quatre heures. Il n'y a pas d'utilisation de formaldéhyde lors de l'autopsie elle-même c'est-à-dire l'ouverture du cadavre. Cependant certains organes ou tissus peuvent être prélevés et placés dans des contenants de formaldéhyde.

4. EXPOSITION DES TRAVAILLEURS : DONNÉES DE LITTÉRATURE

4.1 Données d'exposition

L'étude la plus exhaustive de mesurage de formaldéhyde dans l'air des locaux de travail est celle effectuée par Jost et coll. dans 44 laboratoires suisses de pathologie, surtout dans les salles de préparation des coupes, en 1991 et 1992, et présentée au tableau 2 (8). Les auteurs rapportent une moyenne générale, postes fixes et personnels confondus, de 0,63 ± 0,69 ppm pour les 211 mesures. La durée des mesurages n'est pas rapportée. La moyenne pour les valeurs en postes fixes était égale à 0,44 ±0,49 ppm alors que la moyenne des valeurs des capteurs individuels était de 0,76 ± 0,77 ppm.

Tableau 2 : Nombre de mesures par plage de concentrations dans les laboratoires suisses de pathologie

Plage de concentration (ppm)	Nombre de mesures	Pourcentage des mesures
0 – 0,25	86	40,8
0,25 – 0,5	43	20,4
0,5 – 1	26	12,3
1 – 1,5	28	13,3
1,5 – 2	12	5,7
2 – 3	10	4,7
> 3	6	2,8
Total	211	100

Le tableau 3 présente un résumé des données d'exposition personnelle au formaldéhyde pour les technologues médicaux en provenance d'autres études.

Tableau 3 : Exposition personnelle des technologistes médicaux dans diverses études

Niveau (ppm)	Nombre de mesures	Durée par mesures (h)	Commentaires	Référence
< 0,04 – 0,05	4	4,25 – 8,08	Pas de ventilation locale	(9)
0,3	?	?		(10)
< 0,5 - >1,9	10	1 – 4,35	Maximum = vidange des tissus (sans ventilation locale)	(11)
< 0,03 – 1,5	7	0,12 – 6,16	Maximum = mélange de la solution de formaldéhyde (sans ventilation locale)	(12)
< 0,03 – 0,62	8	0,82 – 6,45	Maximum = cytologie	(13)
4,8	1	1,05	Vidange des spécimens à la morgue; pas de ventilation locale	(14)
0,03 – 0,41	2	3,25 – 4,08		(15)
0,57 ± 0,52	9	2 - 8	Moyenne de 3 technologues	(16)
0,82 (0,28 – 1,24)	?	18,7 / 5 jours	Même technologue toute la semaine	(16)
2,3 (0,8 – 5,0)	62 (sur une période de 3 heures)	Instantané	Mesurage par ILD (B&K 1302). Dissection de gros spécimens. Pas de ventilation locale. Ventilation générale : 12,5 changements d'air / heure. Volume du labo = 230 m^3.	(17)
0,3 (0,2 – 0,4)	185 (sur une période de 4,5 heures)	Instantané	Mesurage par ILD (B&K 1302). Dissection de petits spécimens. Pas de ventilation locale. Ventilation générale : 18,0 changements d'air / heure	(17)

Le tableau 4 présente un résumé des données d'exposition personnelle au formaldéhyde pour les pathologistes.

Tableau 4 : Exposition personnelle des pathologistes au formaldéhyde dans diverses études

Niveau (ppm)	Nombre de mesures	Durée par mesure (h)	Commentaires	Référence
0,17	1	4,5		(9)
1,17	18	0,08	Ventilation locale avec hotte au dessus du poste de travail	(18)
0,45	22	0,08	Ventilation locale avec fente d'aspiration près du poste de travail de manipulation des spécimens; bruyant et refroidissement éolien	(18)

Niveau (ppm)	Nombre de mesures	Durée par mesure (h)	Commentaires	Référence
0,5	13	0,08	Ventilation locale avec tables de travail aspirantes vers le bas; silencieux	(18)
0,15 – 0,65	4	0,33 – 6,5	Ventilation locale intermittente	(12)
2,79 – 4,08	2	0,55 – 0,78	Macroscopie	(14)
0,5 – 1,23	4	0,57 – 1,25	Macroscopie; 50 ml de formaldéhyde renversé par terre	(19)
0,16* (1,4)	3	8	Autopsie	(20)
0,25 – 6,0	31	Instantanée	Mesure par I-R : découpe des spécimens	(20)
0,06 – 1,30	7	0,33	Maximum = découpe de spécimens	(21)
1,24 ± 0,97	10	2 – 8	Moyenne de 3 pathologistes	(16)
1,25 (0,23 – 2,40)	?	32,3 / 5 jours	Même pathologiste toute la semaine	(16)
8,6	1	Instantané	Mesure par ILD (B&K 1302). Pas de ventilation locale. Ventilation générale : 12,5 changements d'air / heure. Volume du labo = 230 m^3.	(17)

* moyenne géométrique (écart-type géométrique)

4.2 Déterminants de l'exposition

Les facteurs qui déterminent les niveaux d'exposition des employés au formaldéhyde sont multiples.

- Taille et nature des tissus

La taille et la nature des tissus influencent les niveaux d'exposition au formaldéhyde. Selon la littérature, les placentas, poumons, foies et cerveaux génèrent les plus grandes quantités de formaldéhyde (20,22).

- Ventilation

Les hôpitaux possèdent tous des systèmes de ventilation générale. Certains auteurs rapportent l'absence de ventilation locale dans des laboratoires de pathologie ou leur présence mais sans qu'elle soit utilisée par les employés (8,22). Dans leur étude, Jost et coll. ont classé les systèmes de ventilation par ordre décroissant d'efficacité à réduire les niveaux de formaldéhyde dans l'air des locaux de travail, tel que montré au tableau 5 (8).

Tableau 5 : Concentrations moyennes de formaldéhyde en fonction de la ventilation dans une étude suisse

Type de ventilation	Concentration (ppm)
Aspiration à la source dans une hotte sans recirculation de l'air et avec une ventilation générale du local adéquate (> 5 changements d'air/ heure)	0,11
Aspiration à la source au poste de travail et ventilation générale adéquate	0,30
Aspiration à la source dans une hotte avec recirculation de l'air par filtration et ventilation générale adéquate	0,39
Aspiration à la source dans une hotte avec recirculation de l'air par filtration et absence de ventilation générale	0,48
Ventilation générale avec évacuation locale par un orifice de ventilation	0,57
Ventilation générale avec évacuation locale par capot	0,67
Pas d'aspiration locale mais présence de ventilation générale	1,12
Pas d'aspiration locale ni de ventilation générale	1,65
Locaux servant au dépôt, à la préparation et à l'élimination des produits chimiques	2,55

Il est à noter qu'au Québec, le formaldéhyde est une substance dont la recirculation est prohibée en vertu de l'article 108 du RSST (23).

- Solution de formaldéhyde

La concentration de formaldéhyde dans les différentes solutions (p. ex. 2, 10 ou 37 %) manipulées est un facteur qui module probablement les niveaux générés dans la zone respiratoire des travailleurs.

- Méthodes de travail

La façon de travailler peut influencer les niveaux de formaldéhyde dans la zone respiratoire des travailleurs (24).

5. EXPOSITION DES TRAVAILLEURS : MESURES SUR LE TERRAIN PAR L'IRSST

Dans le but d'établir un portrait de l'exposition actuelle des populations de travailleurs exposés ou susceptibles d'être exposés au formaldéhyde dans les laboratoires québécois de pathologie, des mesures ont été prises dans 10 laboratoires de dix établissements différents par une équipe de l'IRSST. Ces mesures reflètent les activités et les conditions d'opération existantes au moment de l'intervention.

L'évaluation de l'exposition au formaldéhyde a été faite par la mesure de celui-ci dans la zone respiratoire des travailleurs pendant la réalisation des tâches susceptibles de libérer du formaldéhyde dans l'air. Tous les travailleurs présents lors de la visite ont été évalués. Pour l'évaluation des valeurs d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures, des prélèvements ont été faits sur des tubes adsorbants imprégnés alors que pour les mesures instantanées, des lectures ont été prises à l'aide d'un analyseur infrarouge suivant les méthodes standard de l'IRSST (25-26).

Cinquante-cinq prélèvements sur tubes ont été faits en zone respiratoire de travailleurs soit 7 pathologistes, 20 technologues, 6 assistants techniques et 1 secrétaire. Cinquante-cinq prélèvements sur tubes ont été faits à des postes fixes de travail jugés représentatifs de l'exposition des travailleurs y oeuvrant, pendant la réalisation de tâches spécifiques ou près de sources d'émission où les travailleurs peuvent être appelés à œuvrer dans le cadre de leur travail. Vingt-six heures d'enregistrement de données ponctuelles d'une minute ont été prises aux postes de travail et aux sources d'émission. La principale limitation de l'instrument est due aux interférences c'est-à-dire à des produits présents en milieu de travail. Ainsi, la présence de toluène dans certains laboratoires a à notre avis, créé de l'interférence sur la lecture sans que l'on soit en mesure de la quantifier.

Le tableau 6 présente pour chacun des laboratoires et pour les postes de pathologiste, technologue et assistant technique, les tâches évaluées, les résultats bruts des échantillonnages, la valeur moyenne pondérée sur 8 heures résultante calculée en tenant compte du travail normalement effectué (VEMP), la valeur maximale obtenue et le type de ventilation. Le seul résultat pour les secrétaires est de 0,04 ppm. Sauf indication contraire, les valeurs sont celles mesurées en zone respiratoire pour les VEMP; les valeurs maximales ont été obtenues en air ambiant au poste de travail. Il est à noter que ces valeurs d'exposition plafond ne tiennent compte ni du port de protection respiratoire par les travailleurs ni des procédures de sécurité mises en place par les entreprises.

Tableau 6 : Exposition des travailleurs de 10 laboratoires de pathologie

Labora-toire	Tâches	Concentration (ppm)			Type de ventilation
		Valeur brute[2] (min)	VEMP[3]	Valeur maximale[4]	
PATHOLOGISTE					
# 1	Macroscopie – grosses pièces	0,24 (40)	0,01	1,6	Locale : hotte suspendue
# 2	Macroscopie – grosses pièces	0,19 (40)	0,01	0,5	Locale : hotte chimique
# 3	Macroscopie	0,88 (111)	0,37	0,9	Locale : 2 fentes arrière
	Autopsie	0,15 (70)	0,05	---	Générale
# 4 (AA)[1]	Macroscopie			3,3	
# 5	Macroscopie – cerveaux	1,38 (120)	0,41	1,4	Locale : 2 fentes arrière
# 6	Macroscopie – reins	2,45 (4)	0,92	4,6	Locale : hotte suspendue
# 7 (AA)	Autopsie			0,7	
# 8 (AA)	Macroscopie			0,6	
# 10	Macroscopie	2,28 (65)	0,33	6,5	Locale : partie du plan de travail aspirant (très faible)
TECHNOLOGUE					
# 1	Macroscopie + aide au pathologiste	0,49 (195)	0,23	1,6	Locale :Hotte suspendue
	Macroscopie – état frais	0,08 (115)		---	
	Macroscopie – biopsies	0,04 (175)	0,01	0,2	Locale :Hotte chimique
# 2	Macroscopie – biopsies	0,13 / 0,12 (60)/(60)	0,05	0,2	Locale : Hotte chimique
	Aide au pathologiste – grosses pièces	0,08 (120)	0,04	0,5	Locale :Hotte chimique
	Rangement de spécimens	0,09 (83)		0,2	Générale
	Macroscopie – biopsies	0,05 (180)	0,05	0,2	Locale :Hotte chimique
	Macroscopie	0,08 (85)		0,2	
# 3	Aide au pathologiste	0,07 (134)	0,07	0,9	Locale : 2 fentes arrière
	Vidange des spécimens	0,31 (50)		0,3	Locale : Hotte chimique – porte ouverte
	Macroscopie	0,22 (264)	0,13	0,9	Locale : 2 fentes arrière
# 4	Entretien du préparateur de tissus	1,63 (5)	0,19	2,4	Générale
	Lavage de placentas	0,81 (24)		1,9	Générale
	Macroscopie de placentas	0,49 (48)		3,1	Générale
	Macroscopie – cerveaux / biopsies	<0,18/<,18 (45)/(35)	0,11	3,3 / 0,7	Locale : hotte chimique

Labora-toire	Tâches	Concentration (ppm)			Type de ventilation
		Valeur brute[2] (min)	VEMP[3]	Valeur maximale[4]	
# 5	Macroscopie	0,11 / 1,38 (32)/(143)	0,48	1,4	Locale : bras amovible
	Macroscopie – biopsies	0,15 / 0,35 (22)/(105)	0,15	0,3	Locale : bras amovible
# 6	Entretien du préparateur de tissus	1,63 (8)	0,76	4,3	Locale : hotte suspendue
	Macroscopie	1,9 (4)		4,6	Locale : hotte suspendue
# 7	Macroscopie : état frais	0,24 (85)	0,20	0,3	Pas de hotte
	Entretien du préparateur de tissus	2,65 (9)	0,35	6,8	Pas de hotte
	Macroscopie – biopsies	0,50 (133)		---	
# 8	Macroscopie – biopsies	0,19 / 0,19 (105)/(155)	0,12	0,6	Locale : hotte chimique
	Macroscopie – biopsies + spécimens	0,44 / 0,35 (185)/(172)	0,29	0,6	Locale : hotte chimique
# 9	Macroscopie	0,15 (229)	0,12	0,3	Locale : hotte chimique
	Macroscopie – biopsies	0,16 (140)		0,5	
	Macroscopie – grosses pièces	0,16 (250)	0,13	3,4	Locale : hotte chimique
# 10	Macroscopie – biopsies	0,81 (75)	0,15	0,8	Locale : partie du plan de travail aspirant
	Macroscopie – aide au pathologiste	0,04 (63)	0,03	6,5	Locale : partie du plan de travail aspirant
	Macroscopie – aide aux biopsies	0,04 (75)		0,8	
ASSISTANT TECHNIQUE					
# 1	Vidange de spécimens	0,49 (74)	0,12	4,7	Hotte chimique : porte à demi ouverte
	Entretien du préparateur de tissus	0,19 (35)		1,1	Pas de hotte
	Réception des spécimens	0,09 (76)		---	Pas de hotte
# 4 (AA)	Laboratoire			0,1	Générale
# 5 (AA)	Vidange de spécimens			0,7	
# 6 (AA)	Vidange de spécimens			1,1	Locale : hotte suspendue
# 7	Lavage de cerveaux	0,33 (38)	0,21	0,7	Pas de hotte
# 9	Entretien du préparateur de tissus	0,26 (19)	0,09	5,2	Pas de hotte
	Préparation de flacons de HCHO	0,81 (15)		0,8	
	Vidange de spécimens	0,08 (85)	0,14	0,2	Locale : Fente murale
	Recyclage de HCHO	0,33 (40)		1,2	Pas de hotte

Labora-toire	Tâches	Concentration (ppm)			Type de ventilation
		Valeur brute[2] (min)	VEMP[3]	Valeur maximale[4]	
# 10	Vidange de spécimens	0,79 (9)	0,05	1,0	Hotte chimique
	Lavage de spécimens	0,63 (9)		2,2	Pas de hotte
	Insertion dans le préparateur de tissus			1,4	Pas de hotte

[1] AA = air ambiant du poste de travail
[2] Il s'agit de la valeur mesurée pendant la réalisation de la tâche. La durée de cette tâche est indiquée entre parenthèses
[3] Il s'agit de la valeur moyenne pondérée sur 8 heures calculée selon le Règlement sur la santé et la sécurité du travail du Québec
[4] Il s'agit de la valeur maximale mesurée soit par l'instrument à lecture directe soit par l'échantillonnage sur tubes à des sources d'émission. Cette valeur est considérée comme valeur plafond d'exposition.

6. EXPOSITION DES TRAVAILLEURS : AUTRES MESURES SUR LE TERRAIN

Aucune autre mesure d'exposition de travailleurs de laboratoire de pathologie n'a été recueillie.

7. MATRICES D'EXPOSITION

7.1 Discussion concernant les données de la littérature et celles de l'équipe terrain

Les concentrations de formaldéhyde mesurées sur le terrain dans la région montréalaise et pondérées sur 8 heures sont généralement faibles (tableau 6). Les données de la littérature semblent corroborer ces données québécoises même en l'absence de ventilation locale (9).

Les fortes expositions sont mesurées sur de plus courtes périodes de temps à l'occasion de tâches spécifiques, particulièrement lors de la vidange des tissus, de la macroscopie de grosses pièces et du travail avec le préparateur de tissu.

Deux études de la littérature rapportent des données personnelles d'exposition au formaldéhyde lors de la vidange des tissus. Belanger et Kilburn rapportent un niveau de 1,9 ppm sur une période d'une heure pour cette tâche effectuée sans ventilation locale (11). Ils indiquent cependant qu'il s'agit d'un minimum. En effet on aurait découvert que la méthode analytique utilisée (NIOSH P&CAM n^0 125[1]) souffre d'interférence négative majeure avec certaines substances susceptibles d'être présentes simultanément dans les laboratoires d'histopathologie

[1] Solution collectrice de 1 % de bisulfite de sodium dans un barboteur; ajout d'acide chromotropique et analyse par spectrophotométrie visible.

(phénol, xylène, toluène, éthanol) (11). Daniels et Gunter rapportent un niveau de 4,8 ppm sur une période de 63 minutes lors de la vidange de tissus, sans ventilation locale (14). Les données de l'IRSST (tableau 6) indiquent un niveau de 0,31 ppm sur 50 minutes dans un laboratoire, avec ventilation locale. Ces données semblent indiquer que l'utilisation d'une hotte peut réduire considérablement les concentrations de formaldéhyde dans la zone respiratoire des technologues médicaux.

L'étude de Koda et coll. indique clairement la génération de concentrations excessives de formaldéhyde dans la zone respiratoire des technologues (2,3 ppm en moyenne, tableau 3) lors de la macroscopie de grosses pièces anatomiques, avec une ventilation générale efficace mais sans ventilation locale (17). Malgré le fait que les mesures terrain en macroscopie de grosses pièces aient toutes été prises dans des laboratoires possédant une ventilation locale, des niveaux élevés sur de courtes périodes ont néanmoins été rapportés (tableau 6). Des méthodes de travail déficientes ou un emplacement inadéquat des sources d'aspiration pourraient expliquer ces résultats.

Aucune étude ne rapporte de niveau personnel d'exposition au formaldéhyde dans le cas spécifique du travail avec les appareils de traitement des tissus alors que cette tâche a été évaluée à plusieurs occasions par l'équipe terrain. Par contre, une mesure personnelle est rapportée lors d'une dilution de solution de formaldéhyde (1,5 ppm sur 30 minutes, sans ventilation locale) (12). Cette tâche décrite à la section 3 n'a pas été mesurée en personnel par l'équipe terrain. Elle a cependant été évaluée avec l'instrument à lecture directe (tableau 9), les niveaux retrouvés (1,0 à 2,0 ppm) étant compatibles avec la donnée de la littérature mentionnée plus haut.

En dernière analyse les matrices peuvent être dérivées directement des données de l'équipe terrain, celles-ci étant suffisamment abondantes et compatibles avec celles de la littérature pour justifier leur utilisation à cette fin.

7.2 Élaboration des matrices

À partir des données d'exposition, du nombre de titulaires par poste et de la description des tâches fournis par les établissements, des matrices d'exposition sur 8 heures et plafond ont été construites pour ces dix laboratoires. Elles sont présentées au tableau 7.

Tableau 7 : Distribution des travailleurs de 10 laboratoires de pathologie par plages de concentrations

Poste	Plage de concentrations (ppm)					Total
	< 0,3	0,3 – 0,75	0,75 – 1,0	1,0 – 2,0	> 2,0	
Valeur d'exposition moyenne pondérée – 8 heures						
Pathologiste	26	12	1	0	0	39
Technologue	43	25	12	0	0	80
Assistant	7	0	0	0	0	7
Secrétaire	9	0	0	0	0	9
Total	85	37	13	0	0	135
Valeur plafond						
Pathologiste	2	14	5	9	9	39
Technologue	9	5	10	16	40	80
Assistant	1	2	0	1	3	7
Secrétaire	9	0	0	0	0	9
Total	21	21	15	26	52	135

Il y a 179 médecins pathologistes membres de l'association des pathologistes du Québec (communication téléphonique, association des pathologistes du Québec, 6 octobre 2003). Il y a près de 365 technologues oeuvrant en pathologie (communication téléphonique, association professionnelle des technologues médicaux du Québec, 30 mai 2003).

Aucune donnée n'a pu être obtenue sur le nombre d'assistants techniques (préposés aux autopsies) et de secrétaires. Il y a au Québec 168 installations dont 140 établissements de soins de courte durée. Il y a 68 laboratoires publics de pathologie. En utilisant le ratio moyen observé dans les dix laboratoires soit de 1 par laboratoire et en tenant compte du fait que quelques établissements regroupent plus d'un laboratoire dans leur bilan, nous avons fixé à 72 le nombre de laboratoires, le nombre d'assistants techniques et le nombre de secrétaires.

L'ensemble de ces travailleurs ont été répartis proportionnellement dans les plages d'exposition, en se basant sur l'hypothèse que la situation observée dans les 10 laboratoires évalués est représentative de celle vécue dans l'ensemble des établissements. Le tableau 8 rapporte les matrices d'exposition qui résultent de ces observations et hypothèses.

Tableau 8 : Distribution de l'ensemble des travailleurs québécois des laboratoires de pathologie par plages de concentrations

Poste	Plage de concentrations (ppm)					Total
	< 0,3	0,3 – 0,75	0,75 – 1,0	1,0 – 2,0	> 2,0	
Valeur d'exposition moyenne pondérée – 8 heures						
Pathologiste	119	55	5	0	0	179
Technologue	196	114	55	0	0	365
Assistant	72	0	0	0	0	72
Secrétaire	72	0	0	0	0	72
Total	459	169	60	0	0	688
Valeur plafond						
Pathologiste	10	64	23	41	41	179
Technologue	41	23	46	73	182	365
Assistant	10	21	0	10	31	72
Secrétaire	72	0	0	0	0	72
Total	133	108	69	124	254	688

Pour les technologues, l'analyse statistique des valeurs moyennes d'exposition 8 heures montre une distribution lognormale avec une concentration de 0,64 ppm au 95^{e} percentile (dans 95 % des cas, l'exposition serait inférieure à 0,64 ppm) ; la valeur de 0,3 ppm est atteinte au 75^{e} percentile. Ces résultats concordent avec la distribution obtenue.

8. SOURCES D'EXPOSITION

Les résultats des échantillonnages et les observations permettent d'identifier les tâches et les situations susceptibles d'exposer les travailleurs au formaldéhyde. Le tableau 9 présente ces sources d'exposition et les travailleurs les plus susceptibles d'être exposés.

Tableau 9 : Sources d'exposition au formaldéhyde et travailleurs concernés

Sources d'exposition	Travailleurs exposés	Concentrations maximales mesurées (ppm)
Tâches à risque d'exposition au formaldéhyde		
Préparation des solutions de formaldéhyde	A,T	1,0 – 2,0
Remplissage des pots	A,T	1,0 –2,0
Mise en pots des spécimens anatomiques	A,T,P, personnel autre département	Non mesuré
Manipulations des spécimens pendant la macroscopie	T,P	> 2,0
Insertion des cassettes dans le préparateur de tissus	T	1,0 – 2,0
Utilisation du colorant mercurique B2	T,P	Non mesuré
Vidange des spécimens et des solutions usées	A,T	> 2,0
Manipulation des sacs de déchets médicaux	A,T	Non mesuré
Transvidage du formaldéhyde usé dans l'appareil à recycler	A,T	0,3 – 0,75
Neutralisation du formaldéhyde	A,T	Non mesuré
Manipulation et rinçage des pots usagés	A,T	Non mesuré
Entretien du préparateur de tissus	A,T	> 2,0
Entretien de l'appareil de recyclage	A,T	0,3 – 0,75
Sources d'émission		
Entreposage des spécimens	Tous	0,3 – 0,75
Entreposage des solutions de formaldéhyde neuves et usées	Tous	Non mesuré
Poubelle contenant les pots vidés, les gants et les papiers souillés	Tous	Non mesuré
Poubelle de déchets médicaux	Tous	> 2,0
Appareil préparateur de tissus (fuites)	A,T	Non mesuré
Appareil à recycler le formaldéhyde (fuites)	A,T	Non mesuré
Émissions provenant des tâches non effectuées sous hotte efficace	Tous	> 2,0

A = assistant technique; T = technologue pathologiste; P = pathologiste

L'exposition des travailleurs des laboratoires de pathologie au formaldéhyde est variable. L'étude terrain a permis d'identifier certains facteurs déterminants de l'exposition tels que :

- La présence et l'efficacité de hottes de captage
- L'efficacité de la ventilation générale
- Le nombre de postes de travail dans un même local
- La dimension du local
- La taille et le nombre de pièces anatomiques fixées à traiter (variations saisonnières)
- La concentration de la solution de formaldéhyde utilisée
- Les méthodes de travail.

9. CORRECTIFS ET PRÉVENTION

La maîtrise de l'exposition au formaldéhyde dans les laboratoires de pathologie peut être réalisée par des moyens techniques et organisationnels.

9.1 Substitution du formaldéhyde

Des produits de substitution sont proposés pour remplacer le formaldéhyde comme fixateur histologique (27, 28). Certains produits de remplacement sont destinés à des domaines spécifiques comme l'immunohistochimie (29). La Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal aurait utilisé avec succès le « NoTox » (Suzanne Deguire, Coordonnatrice Section santé et sécurité au travail, UdeM, Communication personnelle, 2002/09/03). La composition de ce produit commercial est cependant mal connue complètement (fiche signalétique : éthanol, composés dicarboxylés, humectants, biocides). Il n'est donc pas possible de se prononcer sur le risque toxique. Certains laboratoires de pathologie aux États-Unis auraient effectivement réalisé le remplacement du formaldéhyde (Thomas P. Fuller, Boston University Medical Campus, Communication personnelle, août 2003). Certains produits de remplacement contiennent du glyoxal (27), un dialdéhyde, sensibilisateur cutané et irritant (30). Prento et Lyon ont comparé la performance de six fixateurs commerciaux (Histochoice, Kryofix, Mirsky, NoTox, Omnifix II, Tissue-Tek) avec celle du formaldéhyde. Ils considèrent qu'aucun des produits testés n'est adéquat pour remplacer le formaldéhyde (31). Dapson fait cependant remarquer que Prento et Lyon n'auraient pas respecté les notices d'utilisation ou les intentions des fournisseurs des produits testés. De plus aucun produit contenant du glyoxal n'a été testé dans leur étude alors que cette substance serait le substitut le plus populaire aux États-Unis (article posté en novembre 1998 par R.W. Dapson dans le groupe de discussion suivant : http://www.histonet.org/).

9.2 Concentration de formaldéhyde

La possibilité de diminuer la concentration des solutions de formaldéhyde devrait être étudiée.

9.3 Méthodes de travail

Certains laboratoires ont diminué l'utilisation de formaldéhyde en manipulant les spécimens à l'état frais, notamment les placentas.

Dans d'autres laboratoires, seuls les contenants en plastique sont utilisés et il n'y a plus de vidange de spécimens c'est-à-dire que le pot est envoyé à la récupération avec son contenu. Le risque d'exposition au formaldéhyde est alors transféré vers les entreprises de récupération.

De plus, des solutions de neutralisation sont aussi disponibles sur le marché pour éliminer l'excès de formaldéhyde sur les tissus avant de procéder à leur découpe en macroscopie. Elles peuvent être aspergées sur les tissus ou les spécimens peuvent y être trempés. Des napperons de travail et des chiffons imbibés de neutralisant sont aussi disponibles. Les fournisseurs prétendent que les niveaux d'exposition des travailleurs au formaldéhyde sont alors significativement réduits (32).

9.4 Ventilation générale

Selon le Règlement sur la santé et la sécurité du travail, le taux de changements d'air à l'heure pour un laboratoire est de 7,1 L/sec/personne à une pression négative n'excédant pas 5 Pa (23).

9.5 Ventilation locale

En plus d'un système de ventilation générale efficace, les laboratoires de pathologie doivent être équipés de systèmes de ventilation locale pour les sources d'émission identifiées. Ainsi des systèmes de captage devraient être installés au-dessus des appareils à préparer les tissus, des appareils à recycler le formaldéhyde et des poubelles de déchets médicaux et d'équipements souillés. Les solutions de formaldéhyde et les spécimens doivent être entreposés dans des armoires ventilées.

La préparation des solutions de formaldéhyde, le remplissage des pots, la vidange des spécimens et la neutralisation de formaldéhyde doivent être faits sous hotte. Dans ces cas, une hotte chimique permet de bien protéger le travailleur si elle est utilisée selon les règles c'est-à-dire avec le volet à guillotine abaissé le plus possible.

La macroscopie doit également être faite sous hotte. Cependant, dans ce cas, la hotte de type chimique n'est pas recommandée. En fait, à cause de la précision et de la visibilité demandées, le travailleur a tendance à se pencher au-dessus du spécimen donc à insérer la tête à l'intérieur de la hotte. Le système idéal devrait permettre un écoulement d'air qui éloigne le contaminant de la zone respiratoire du travailleur. La même observation découle de l'étude de Binding et coll. (18). Ils ont mesuré l'exposition personnelle au formaldéhyde d'un pathologiste au même poste de travail en modifiant successivement la ventilation locale des trois façons suivantes : 1) ventilation locale assurée par une hotte située au dessus de la table de travail et de la tête du pathologiste; 2)

ventilation locale par une fente d'aspiration très près des spécimens examinés; 3) ventilation locale par en dessous de la table de travail quadrillée de trous d'aspiration. La troisième modification s'est avérée la meilleure tant du point de vue de la réduction des niveaux de formaldéhyde dans l'air que du point de vue du confort de l'utilisateur : le premier système ne permettait pas de respecter la norme allemande en vigueur à cette époque (MAK = 0,5 ppm 8h), le deuxième système permettait de respecter la norme mais était bruyant et accompagné de refroidissement éolien alors que le troisième système permettait de respecter la norme tout en étant silencieux. Des tables aspirantes ajustables pour les laboratoires de pathologie existent sur le marché (http://www.afosusa.com/laboratory/index.html).

Un aménagement de table de travail de pathologie avec fente d'aspiration a également été présenté dans un document de l'ASSTSAS (22).). Les auteurs recommandent une vitesse d'aspiration de 5 m/s et une distance maximale entre le tissus ou la pièce anatomique et la fente d'aspiration de 35 cm.

9.6 Équipements de protection individuelle

Jost et coll. recommandent le port de gants, tablier et lunettes protectrices lors de la préparation des coupes (8). Forsberg et Keith rapportent des temps de claquage pour plusieurs types de gants testés avec des solutions de formaldéhyde à 37 %, notamment ceux en caoutchouc butyle (> 960 min), nitrile (> 480 min) et PVC (> 480 min). Seuls les gants « Safety 4H » ont été testés nommément avec le mélange formaldéhyde 37 % / méthanol 10 % (> 240 min) (33). Le choix des gants à utiliser doit prendre en compte les exigences de dextérité du travail des technologues et des pathologistes.

À cause des effets irritatifs du formaldéhyde, les équipements de protection individuelle doivent protéger les voies respiratoires et les yeux. (34).

- Pour des concentrations supérieures à 20 ppm, qui est la concentration de danger immédiat pour la vie et la santé (DIVS), le port d'un appareil respiratoire autonome est obligatoire.
- Pour les concentrations de formaldéhyde en deçà de 20 ppm et jusqu'à la valeur admissible, le port d'un masque complet à cartouches filtrantes est recommandé. Selon le facteur de protection nécessaire, un masque complet (facteur de protection de 100) ou un demi-masque (facteur de protection de 10) est utilisé. Si un demi-masque est utilisé, il faut également porter des lunettes protectrices étanches.

9.7 Autres

Des produits commerciaux sont disponibles pour neutraliser le formaldéhyde avant la vidange (27). Des appareils en circuit fermé existent pour le recyclage des solutions usées de formaldéhyde (27). Rappelons à cet effet qu'en vertu des articles 3 et 8 du Règlement sur les matières dangereuses et modifiant diverses dispositions réglementaires (35) les solutions usées de formaldéhyde ne peuvent être rejetées dans l'égout. De plus, tout traitement comme la

neutralisation ou la distillation d'une solution de formaldéhyde usée, doit faire l'objet d'un certificat d'autorisation du Ministère de l'Environnement (Geneviève Pépin, ingénieure, MENV, communication personnelle, 2002/11/25). En outre les établissements situés sur l'Île de Montréal doivent respecter le Règlement relatif aux rejets des eaux usées dans les réseaux d'égout et les cours d'eau (Règlement 87) (36).

En 1991, Guindon publiait les résultats d'une étude effectuée en collaboration avec les inspecteurs de la CSST pour mesurer notamment le respect des recommandations du guide de prévention de l'ASSTSAS (22) concernant l'utilisation du formaldéhyde dans les hôpitaux. Malgré des améliorations notables depuis la publication originale du guide en 1985, il rapportait particulièrement que moins de 50 % des établissements visités effectuaient la préparation, le remplissage et la récupération des solutions de formaldéhyde sous la hotte, plaçaient les bains de fixation près d'une évacuation de l'air reliée à l'extérieur et ne vidangeaient pas les solutions de formaldéhyde dans le lavabo (37).

10. IMPACTS SUR LA SANTÉ

Afin de déterminer les impacts sur la santé d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde, il a été nécessaire d'établir la relation entre l'exposition au formaldéhyde dans divers milieux de travail au Québec et l'apparition d'effets sur la santé à partir des données existantes dans la littérature scientifique puis de l'appliquer au secteur concerné.

10.1 Établissement de la relation entre l'exposition et les effets sur la santé

Les effets choisis dans le cadre de cette analyse sont les effets les plus précoces, c'est-à-dire que ce sont les premiers effets à apparaître. Il s'agit donc des effets irritatifs des muqueuses et des voies respiratoires supérieures, principalement les yeux, le nez et la gorge. Les autres effets causés par le formaldéhyde sont décrits en détail dans l'annexe 1 du rapport final, mais ne seront pas abordés dans cette partie.

Après un choix critique de la littérature appropriée à l'aide de critères préétablis et l'extraction des données rapportées dans les différents articles retenus (dont les durées d'exposition varient de 90 secondes à 3 heures), la relation entre l'exposition au formaldéhyde et l'apparition d'effets irritatifs a été établie. L'analyse de l'ensemble de ces données a permis de calculer le pourcentage moyen de réponse attribuable à une exposition au formaldéhyde (pourcentage de travailleurs susceptibles de présenter des irritations) selon le site d'effet irritatif considéré (irritation des yeux, du nez ou de la gorge) et la concentration d'exposition (0 ppm, 0,3 ppm, 0,75 ppm, 1,0 ppm et 2,0 ppm). Les effets ont été catégorisés selon leur sévérité : effet modéré (supportable ou gênant) ou effet sévère. La démarche suivie pour la construction du tableau des résultats est détaillée dans l'annexe 1 du rapport final.

Le tableau 10 présente le pourcentage théorique moyen de personnes susceptibles de présenter des irritations pour les diverses concentrations d'exposition considérées, déterminé à partir de

l'ensemble des études de la littérature avec un degré de confiance suffisant pour être retenues et à partir des régressions linéaires effectuées.

Tableau 10: Pourcentage moyen théorique de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritatifs modérés ou sévères aux yeux, au nez et à la gorge selon leur exposition au formaldéhyde

Effet considéré	Pourcentage de travailleurs				
	0--< 0,3 ppm	0,3–0,75 ppm	0,75–1,0 ppm	1,0- <2,0 ppm	≥ 2,0 ppm
Irritation des yeux – effet modéré	0 %	0 %	6,3 %	10,1 %	14,9 %
Irritation des yeux – effet sévère	0 %	0 %	0 %	0,8 %	1,9 %
Irritation du nez – effet modéré	0 %	0 %	1,6 %	4,5 %	12,4 %
Irritation de gorge – effet modéré	0 %	0 %	1,6 %	4,6 %	12,6 %

Ce tableau indique donc que, par exemple, parmi les travailleurs exposés à une concentration en formaldéhyde entre 0,75 ppm et 1,0 ppm, 6,3 % d'entre eux sont susceptibles de présenter des irritations modérées des yeux, aucun ne serait susceptible de présenter des irritations sévères des yeux et 1,6 % d'entre eux pourraient présenter des irritations modérées du nez ou de la gorge.

Cependant, il est à noter que :

- Les classes d'exposition les plus faibles présentent un pourcentage de réponse nul attribuable à l'exposition au formaldéhyde puisque le bruit de fond (fréquence d'apparitions des irritations observées en milieu contrôlé à la concentration zéro) a été retranché (38,39). Tous les pourcentages mentionnés dans le tableau se réfèrent exclusivement aux effets irritatifs attribuables au formaldéhyde.
- L'apparition des effets n'est pas reliée à la durée de l'exposition. Les effets apparaissent rapidement après le début de l'exposition, mais ne s'aggravent pas avec le temps. Il ne semble pas y avoir d'effet cumulatif de l'exposition pour les effets irritatifs car les études de la littérature présentent des pourcentages de réponse semblables et des effets de sévérité semblable pour des durées d'exposition variant entre 90 secondes et 3 heures (40).
- Les effets mentionnés dans le tableau sont des effets réversibles et cessent peu de temps après l'arrêt de l'exposition.
- La fréquence d'apparition des effets modérés augmente lorsque la concentration d'exposition s'intensifie.
- La catégorie "effets modérés" regroupe à la fois les effets modérés supportables et les effets modérés gênants, mais, en majorité, les effets rapportés dans la littérature, dans le cadre d'études contrôlées, pour des concentrations allant jusqu'à 3 ppm sont plutôt supportables que gênants.
- Les effets sévères apparaissent pour des concentrations élevées, supérieures à 1 ppm. Ces effets ne se manifestent que pour les yeux, et en très faibles proportions. Ils n'apparaissent pas pour le nez et la gorge pour des concentrations inférieures à 3 ppm

- Les données de la littérature permettent d'estimer le nombre de travailleurs susceptibles de présenter un effet donné, mais ne permettent pas de dire si ce sont les mêmes travailleurs qui auront tendance à présenter les différents symptômes, ou si ce sont des travailleurs différents.

Les données de la littérature montrent que la durée de l'exposition modifie très peu le pourcentage de personnes présentant des symptômes et le degré de sévérité de ces symptômes de type irritatif, du moins pour des expositions allant de 90 secondes à 3 heures à la même concentration. Les pourcentages de réponse ont été appliqués indifféremment aux matrices d'exposition moyenne pondérée et plafonds (se référer à l'annexe 1 du rapport final pour plus de détails). Les durées d'exposition les plus courtes rapportées dans les études de la littérature sont de 90 secondes (40), ce qui est du même ordre que les valeurs plafonds effectivement mesurées par l'instrument à lecture directe soit des moyennes sur une minute.

Ainsi, la relation dose-réponse établie sur la base des données de la littérature (tableau 10) peut être appliquée aux matrices d'exposition du secteur des laboratoires de pathologie (tableau 8) et permet d'estimer le nombre moyen théorique de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritatifs.

10.2 Application de la relation au secteur des laboratoires de pathologie

Le tableau 11 rapporte le nombre de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritatifs en fonction de la concentration d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures et plafond.

Tableau 11: Nombre théorique de travailleurs du secteur des laboratoires de pathologie susceptibles de présenter des effets irritatifs en fonction de la concentration

	Nombre de travailleurs				
Concentration de formaldéhyde	**0 - < 0,3 ppm**	**0,3 - < 0,75 ppm**	**0,75 - < 1,0 ppm**	**1,0 - < 2,0 ppm**	**≥ 2,0 ppm**
Effet considéré	**VEMP**				
Irritation des yeux – effet modéré	0	0	4	0	0
Irritation des yeux – effet sévère	0	0	0	0	0
Irritation du nez – effet modéré	0	0	1	0	0
Irritation de gorge – effet modéré	0	0	1	0	0
Effet considéré	**PLAFOND**				
Irritation des yeux – effet modéré	0	0	4	13	38
Irritation des yeux – effet sévère	0	0	0	1	5
Irritation du nez – effet modéré	0	0	1	6	31
Irritation de gorge – effet modéré	0	0	1	6	32

Pour l'ensemble des 688 travailleurs de ce secteur, ces résultats signifient que :

- Pour les valeurs VEMP 8 heures :
  - Un à quatre travailleurs seraient susceptibles de présenter des effets irritatifs modérés dus à une exposition au formaldéhyde comprise entre 0,75 et 1, 0 ppm.
- Pour les valeurs plafonds :
  - Le respect de la norme actuelle (2 ppm plafond) permettrait d'éviter des effets irritatifs potentiels modérés aux yeux, au nez et à la gorge pour 31 à 38 travailleurs et des effets irritatifs sévères aux yeux pour 5 travailleurs, en supposant que les travailleurs sont réellement exposés à de telles valeurs
  - Un abaissement de la norme à 1,0 ppm permettrait d'éviter des effets potentiels modérés pour 6 à 13 autres travailleurs selon le site d'irritation et des effets sévères aux yeux pour 1 travailleur
  - Un abaissement de la norme à 0,75 ppm permettrait d'éviter des effets modérés pour 1 à 4 autres travailleurs pour un total de 39 à 61 travailleurs selon le site d'irritation (7 à 18 en excluant ceux potentiellement exposés actuellement à plus de 2,0 ppm) soit 8,8 % (2,6 %) de la population concernée
  - Pour des concentrations inférieures à 0,75 ppm, aucun effet irritatif modéré ou sévère ne serait attribuable au formaldéhyde, mais ceci n'exclut pas qu'il pourrait y avoir des effets irritatifs légers. Aucun abaissement de norme d'exposition à des valeurs inférieures à 0,75 ppm ne pourra donc réduire ces effets qui constituent le bruit de fond.

Le nombre de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritatifs attribuables à une exposition au formaldéhyde est toujours plus important lorsque l'on considère les valeurs plafonds. L'indicateur d'effet basé sur les valeurs plafonds est, de ce fait, meilleur indicateur que celui basé sur la moyenne puisque le risque est proportionnel à la concentration et non pas à la durée de l'exposition et que la moyenne intègre les courtes périodes d'exposition à des concentrations élevées. Les valeurs plafonds ne sont que des estimés et rien ne permet d'affirmer que les travailleurs sont réellement exposés à de telles valeurs (les valeurs plafonds ne prennent pas en compte l'éventuelle protection respiratoire des travailleurs). Le nombre de personnes susceptibles de présenter des effets est donc compris entre celui déterminé en appliquant les valeurs moyennes et celui déterminé en appliquant les valeurs plafonds, bien que le risque soit sûrement plus proche de celui estimé par les valeurs plafonds.

11. IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

11.1 Coûts potentiesl

11.1.1 Substitution des produits

La substitution de produits n'apparaît pas comme une option plausible pour réduire les valeurs d'exposition dans toutes les utilisations du formaldéhyde en pathologie. Des pr. duits de substitution sont considérés actuellement pour certaines applications (section 9.1). L'utilisation de ces produits de substitution ne fournit pas d'éléments qui nous permettrait d'en évaluer les coûts et les bénéfices. Une évaluation d'impact serait nécessaire pour ces applications. L'achat de solutions déjà diluées éliminerait les risques d'exposition lors de la manipulation de la solution concentrée.

11.1.2 Organisation du travail

L'organisation du travail dans les laboratoires de pathologie peut réduire l'exposition du personnel des laboratoires de pathologie. Les divers moyens de prévention qui ont déjà été invoqués, devraient être applicables sans susciter de coûts notables. Néanmoins, au cours de diverses manipulations inhérentes à la macroscopie, la réorganisation du travail ne peut soustraire complètement le personnel aux vapeurs directes que nécessite l'examen des pièces par les technologues et les pathologistes.

11.1.3 Ventilation

Après avoir discuté des possibilités et des limites de la substitution et de l'organisation du travail pour se conformer à l'abaissement de la valeur d'exposition admissible, l'étude économique a porté sur l'élimination à la source par ventilation et en attendant, les équipements de protection individuelle.

À l'examen des résultats du tableau 8 sur le nombre de travailleurs dans les différentes tranches de concentration de la VEMP, il semble plausible de supposer que la maîtrise des émissions aux quatre sources d'émission que sont les appareils à préparer les tissus, les appareils à recycler le formaldéhyde, les poubelles de déchets médicaux et d'équipements souillés et les armoires d'entreposage, permettrait de se conformer à l'abaissement de la valeur d'exposition admissible actuelle vers une VEMP de 0,3 ppm. Ceci, évidemment devrait être confirmé par une validation sur le terrain.

L'évaluation des coûts de maîtrise des émissions est complexe étant donné la diversité des installations et des pratiques dans les différents laboratoires de pathologie. Par analogie avec les laboratoires de thanatologie, qui montrent une certaine similitude d'installation (en excluant la

table d'embaumement), de procédé et de profil d'exposition en VEMP, les laboratoires de pathologie indiquent quatre source d'émission à maîtriser. Nous avons multiplié par quatre les coûts évalués pour la thanatopraxie pour la maîtrise d'une source locale et appliqué le résultat aux laboratoires de pathologie. Le tableau 12 donne ce résultat pour les soixante-douze laboratoires de pathologie. Soulignons que ces coûts ne couvrent que la mise à niveau des installations existantes et supposent la modification des pratiques suggérées à la section 9.3.

Cependant les coûts de la ventilation, pour prendre en compte un abaissement éventuel de la valeur plafond actuelle vers une valeur plafond de 1,0 et 0,75 incluraient ceux pour la maîtrise des quatre sources ponctuelles (qui seraient du même ordre de grandeur que pour la valeur d'exposition moyenne pondérée) et ceux pour la conception, l'installation et l'utilisation d'un poste de macroscopie incluant une table ventilée vers le bas ou le confinement de la zone de travail. Les résultats de la littérature scientifique, en particulier du tableau 5, et des mesures sur le terrain laissent prévoir que la conformité à une norme plafond de 0,75 ou 1,0 ppm pourrait alors être réalisable, mais resterait à être validée sur le terrain. Par contre, il n'y a pas de preuve que ces correctifs permettraient d'assurer la conformité à une valeur plafond de 0,3 ppm. à part les prétentions de certains fabricants de tables aspirantes. L'atteinte de cette dernière exigerait un effort considérable de formation, de coordination et de modification des procédés, qui varieraient d'un laboratoire à l'autre et qu'il est difficile de chiffrer avec nos connaissances actuelles.

Tableau 12 : Résumé des coûts de ventilation (modification aux installations) pour se conformer aux valeurs limites

Nombre de laboratoires	**Coûts ($) des modifications / laboratoire**[1-2]			
	0,3 ppm	**0,75 ppm**	**1,0 ppm**	**2,0 ppm**
Valeur d'exposition moyenne pondérée				
72	29 250			
Total pour le secteur	2 106 000			
Valeur plafond				
72	72 750	62 250	57 750	38 250
Total pour le secteur	5 238 000	4 482 000	4 158 000	2 754 000
Pour l'abaissement de la norme[3]	2 484 000	1 728 000	1 404 000	0

[1] en supposant qu'il y a une seule installation dans chacun des 72 laboratoires où les pathologistes et les technologues peuvent travailler à tour de rôle.

[2] le coût de capitalisation a été estimé sur la base du coût du débit de ventilation requis soit 15 $ par litre par seconde (Communication privée, Alain Turcotte, Beaulier Inc.).

[3] Ces coûts proviennent des coûts de la ventilation pour atteindre la valeur plafond ciblée moins les coûts de ventilation pour se conformer à la valeur actuelle de 2,0 ppm.

Le tableau 13 rapporte les coûts d'opération et d'entretien de ces systèmes de ventilation.

Tableau 13 : Coût annuels d'opération et d'entretien des systèmes de ventilation

	Coût annuel [1,2]			
	0,3 ppm	**0,75 ppm**	**1,0 ppm**	**2,0 ppm**
Valeur d'exposition moyenne pondérée				
Par laboratoire	4 420			
Pour le secteur	318 240			
Valeur d'exposition plafond				
Par laboratoire	11 000	9 410	8 730	5 780
Pour le secteur	792 000	677 520	628 560	416 160
Pour l'abaissement de la norme[3]	375 840	261 360	212 400	

[1] En supposant qu'il y a une seule installation dans chacun des 72 laboratoires où les pathologistes et les technologues peuvent travailler à tour de rôle.

[2] Pour calculer les coûts d'opération et d'entretien, nous avons utilisé les hypothèses de l'appendice 1 de l'annexe 9 (services funéraires) du rapport principal de cette recherche avec les ajouts suivants: pour le nombre de degré-jour par année, nous avons pris la moyenne des valeurs de l'appendice 1 (en excluant les municipalités de Gagnonville, Shefferville et Inukjuak); l'horaire de travail est d'un quart de huit heures, 5 jours/semaine; le rendement thermique d'un feu direct au gaz; l'utilisation d'un ventilateur d'évacuation (1 moteur), en marche 7 heures par jour, 220 jours par année; coût d'électricité à 0,08$/kWh. Nous n'avons pas tenu compte des coûts de refroidissement de l'air.

[3] Ces coûts proviennent des coûts de la ventilation pour atteindre la valeur plafond ciblée moins les coûts de ventilation pour se conformer à la valeur actuelle de 2,0 ppm.

11.1.4 Protection respiratoire

Étant donné que certaines modifications aux installations de correction à la source (ventilation) ne sont pas encore validées, des appareils de protection respiratoire devraient être utilisés dans certains cas. En se basant sur les résultats des évaluations en situation réelle de travail, sur la description des sources d'émission, sur les données de la littérature scientifique et technique et sur les calculs détaillés décrits à l'annexe 2 du rapport final de cette recherche, les hypothèses suivantes permettent d'estimer les coûts de protection respiratoire :

- La concentration maximale de 6,5 ppm correspond à des opérations de macroscopie
- Les situations où les pathologistes, les technologues ou les assistants se penchent au-dessus du tissu à analyser, peuvent causer des expositions à des concentrations supérieures à la valeur «plafond» admissible
- Les manipulations pour la préparation des solutions, pour le remplissage de pots, par les assistants techniques et les techniciens, ne causeraient pas d'exposition entre 1,0-2,0 ppm si elles étaient effectuées dans des hottes chimiques performantes, utilisées selon les règles de l'art
- L'insertion des cassettes dans le préparateur de tissus, par les techniciens ne devraient pas causer des expositions de 1,0 – 2,0 ppm après installation de ventilation locale au préparateur

- Les valeurs de 0,3 à 0,75 seraient réglées par la ventilation locale à l'appareil à recycler, pour les assistants techniciens et les techniciens, et par la ventilation des cabinets d'entreposage, pour l'ensemble du personnel.

En se basant sur la concentration maximale de 6,5 ppm, les facteurs de protection requis seraient respectivement de 10 pour les VEA de 2, 1, 0,75 ppm et de 100 pour le 0,3 ppm. Deux composantes doivent être prises en considération dans l'évaluation des coûts soit d'une part, l'implantation et l'opération du programme de protection respiratoire et, d'autre part, l'acquisition, l'entretien et la gestion des appareils de protection respiratoire. Tous ces coûts dépendent du nombre de travailleurs qui utiliseraient la protection respiratoire. Si les 614 pathologistes, technologues et assistants sont susceptibles à un moment ou l'autre de travailler à la macroscopie ou à la vidange des spécimens, les coûts directs et indirects d'implantation et d'opération du programme de protection respiratoire sont donnés au tableau 14. Ce calcul suppose que les moyens sont appliqués pour que le groupe des secrétaires ne soient pas exposées.

Tableau 14 : Évaluation des coûts d'abaissement de la valeur plafond, reliés à l'utilisation des appareils de protection respiratoire en pathologie

Situation	Coût direct $ / an		Coût indirect (h/an)	
	Année initiale	Année subséquente	Année initiale	Année subséquente
Programme de protection respiratoire (PPR)[1]				
0,3, 0,75, 1,0 ou 2,0	402 784	62 014	44 208	39 296
Acquisition et entretien de l'équipement[2]				
0,3 (FP : 100)	309 018	130 190		
0,3 (FP : 10)	127 888	100 258		
0,75, 1,0 ou 2,0	127 888	100 258		
Total[3]				
0,3 (FP : 100)	309 018	130 190		
0,3, 0,75, 1,0 ou 2,0	0	0	0	0

[1]En supposant que les 614 pathologistes, technologues et assistants travaillent en macroscopie ou à la vidange des spécimens

[2]En supposant un seul appareil à épuration d'air avec masque complet pour chacun des 72 laboratoires

[3] Le calcul détaillé de ces coûts est donné à l'annexe 2 du rapport final de cette recherche.

11.2 Avantages potentiels

La section des impacts sur la santé a identifié des effets potentiels de l'exposition lorsque les valeurs d'exposition admissibles sont inférieures à 2,0 ppm. Étant donné l'absence d'indicateurs ou d'informations sur la durée et la fréquence de temps perdu, sur la diminution de productivité ou sur tout autre effet des irritations, nous avons posé l'hypothèse que chaque incident d'irritation causerait un retrait du travail de 15 minutes. Si ce retrait au poste de travail survenait une fois par

semaine pour une des trois irritations, tel que proposé à l'annexe 2 suite à des observations informelles recueillies dans divers milieux de travail, l'abaissement de la valeur plafond à 1,0 et 0,75 ppm permettrait d'éviter des coûts de 12 350 à 18 525 $, et de 12 675$ à 19 8255 $ respectivement (sur la base d'un salaire horaire de 25$) en incluant les travailleurs actuellement exposés à plus de 2,0 ppm. Ces montants sont respectivement de 1 950 à 4 550 $ et de 2 275 à 5 850 $ si on exclut ces travailleurs. Pour une concentration d'exposition inférieure à 0,75 ppm, aucun effet irritatif modéré ne serait attribuable au formaldéhyde donc aucun gain pour la santé des travailleurs.

11.3 Détermination d'un seuil d'impact majeur

Le tableau 15 résume les coûts totaux d'un abaissement de la norme du formaldéhyde.

Tableau 15 : Sommaire des coûts de modifications et d'opération de la ventilation et de protection respiratoire

Coût ($)[1]	0,3 ppm	0,75 ppm	1,0 ppm
Valeur d'exposition moyenne pondérée			
Total	2 424 240		
An	661 237		
Valeur plafond			
Total	3 299 048	1 989 360	1 616 400
An	960 918	542 793	441 064

[1] Les coûts de modifications, d'opération de ventilation et du PPR ont été annualisés sur 10 ans à un taux de 10 %

En résumé, les coûts d'abaissement totaux de la valeur plafond à 1,0, 0,75 et 0,3 ppm sont respectivement de 1 616 400 $, 1 989 360 $ et 3 299 048 $, soit annuellement, des coûts représentant : 441 064 $, 542 793 $ et 960 918 $.

Les laboratoires de pathologie faisant partie des services publics, il est difficile d'évaluer un seuil d'impact majeur. Cependant, d'après les renseignements de l'Association des hôpitaux du Québec, le coût brut de fonctionnement des laboratoires d'anatomo-pathologie au Québec est de 41,6 millions $/an (communication privée, M. Vigeant, 7 novembre 2003). Le coût brut de fonctionnement de l'ensemble des laboratoires au Québec est 406 millions de dollars par an. On constate par conséquent que la part des coûts des laboratoires de pathologie représentent environ 10% des coûts de tous les laboratoires.

Donc si l'on prend le coût brut des laboratoires d'anatomo-pathologie de 41,6 millions $, le coût d'abaissement de la norme d'exposition au formaldéhyde à 0,3 ppm soit 960 918 $ augmenterait de 2,3 % les coûts bruts ou 42,6 millions $ par année. Une norme de 0,75 ppm (542 793 $) augmenterait de 1,3 % les coûts bruts. Enfin, pour un abaissement de la norme à 1,0 ppm (441 064 $), les coûts augmenteraient de 1,1 % les coûts bruts annuels.

12. CONCLUSIONS

Les principales conclusions de l'étude de l'exposition des travailleurs des laboratoires de pathologie au formaldéhyde sont :

- Les laboratoires de pathologie sont un sous ensemble des laboratoires médicau

- L'exposition moyenne pondérée sur 8 heures, telle que mesurée lors des études sur le terrain, se situe entre < 0,1 et 0,92 ppm pour les pathologiste, entre < 0,1 et 0,76 ppm pour les technologues, entre < 0,1 et 0,21 ppm pour les assistants techniques et est inférieure à 0,1 ppm pour les secrétaires

- Autant les données de la littérature que les mesures prises dans les laboratoires de pathologie montrent que les valeurs d'exposition plafond dépassent la valeur de 2,0 ppm lors de l'exécution de certaines tâches spécifiques, particulièrement lors de la vidange des tissus, de la macroscopie de grosses pièces et du travail avec le préparateur de tissu

- L'exposition actuelle, telle qu'évaluée sur le terrain et corroborée par la littérature scientifique, répartit le nombre de travailleurs dans la matrice secteur d'activité économique/exposition, de la façon :

VEA (ppm)	**<0,3**	**0,3-0,75**	**0,75-1,0**	**1,0-2,0**	**>2,0**
Exposition moyenne pondérée	459	169	60	0	0
Plafond	133	108	69	124	254

- En plus des tâches déjà mentionnées, quatre sources d'émission de formaldéhyde ont été identifiées soit les appareils à préparer les tissus, les appareils à recycler le formaldéhyde, les poubelles de déchets médicaux et d'équipements souillés et les armoires d'entreposage

- Les principaux déterminants de l'exposition sont la présence et l'efficacité de systèmes locaux d'aspiration, l'efficacité de la ventilation générale, le nombre de postes de travail dans un même local, la dimension du local, la taille et le nombre de pièces anatomiques fixées à traiter, la concentration de la solution de formaldéhyde utilisée et les méthodes de travail

- Les coûts de modifications, d'opération, de ventilation et du programme de protection respiratoire, annualisés sur 10 ans à un taux de 10 %, seraient de 661 200 $ pour un abaissement de valeur d'exposition moyenne pondérée à 0,3 ppm soit 1,6% du coût brut des laboratoires. Un abaissement de la VEMP à une valeur inférieure à 0,75 ppm permettrait d'éviter des irritations modérées pour 1 à 4 travailleurs. Entre 2 et 5 travailleurs seraient

toujours susceptibles de présenter des effets irritatifs modérés soit aux yeux, soit au nez ou soit à la gorge

- Les coûts de modifications, d'opération de ventilation et du programme de protection respiratoire, annualisés sur 10 ans à un taux de 10 %, seraient de 960 900 $, 542 800 $ et 441 100 $ respectivement pour un abaissement de valeur plafond à 0,3, 0,75 et 1,0 ppm, soit 2,3, 1,3 et 1,2% du coût brut des laboratoires. L'abaissement à une valeur limite plafond de 0,3 ppm est sans contredit la plus contraignante économiquement. Il faut également noter que ces coûts n'incluent pas ceux nécessaires au respect de la norme plafond actuelle

- Le respect de la norme actuelle (2 ppm plafond) permettrait d'éviter des effets irritatifs potentiels modérés aux yeux, au nez et à la gorge pour 31 à 38 travailleurs et des effets irritatifs sévères aux yeux pour 5 travailleurs, en supposant que les travailleurs sont réellement exposés à de telles valeurs

- Un abaissement de la VEA plafond à 1,0 ppm permettrait d'éviter les irritations sévères aux yeux pour 1 autre travailleur, les irritations modérées soit aux yeux, soit au nez ou soit à la gorge pour 6 à 13 autres. Ce nombre augmenterait de 1 à 4 pour un abaissement à 0,75 ppm.

13. RÉFÉRENCES

1. Perrault G., Goyer N., Hébert F., Duguay P., Ostiguy C., Truchon G., Baril M., Gratton L., Arcan R., Gérin M., Bégin D., Bonvalot Y., Carrier G., Lefebvre P. et Pallage S.: Étude préliminaire sur l'évaluation de l'impact d'un abaissement des valeurs d'exposition admissibles pour le formaldéhyde. Rapport R-257, IRSST. (2000).
2. Executive Office of the President, Office of Management and Budget Standard : Industrial Classification Manual. National Technical Information Service, Springfield, VA. (1987).
3. Statistique Canada : Classification type des industries 1980. Statistique Canada, Division des normes, Ottawa, ON. (1980).
4. Bureau de la statistique du Québec : Classification des activités économiques du Québec, Les Publications du Québec. (1984).
5. Statistique Canada : Système de classification des industries de l'Amérique du Nord : Canada 1997. Statistique Canada, Division des normes, Ottawa. (1998).
6. Laboratoire des sciences judiciaires et de médecine légale du Québec : http://www.msp.gouv.qc.ca/coroner/
7. Statistique Canada : Décès, 1998 - Tableaux standards. Statistique Canada, Division de la statistique de la santé (N^0 84F0211XPB au catalogue), Ottawa, ON. (2001).
8. Jost M., Rüegger M., Reber E., Liechti B. and Wolf R.: Prévention des maladies professionnelles dans les instituts d'anatomie pathologique et dans les laboratoires d'histologie. Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (Suva), Lucerne. (1993).
9. Kelly J.E. and Miller, A. : Health Hazard Evaluation Report No. HETA-91-395-2244, Veterans Administration Medical Center Los Angeles, California. United States Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH. (1992).
10. Touche S., Fessard C. et Caillet, G. Formaldéhyde en milieu de soins : identification des risques et évaluation de l'exposition. Archives des maladies professionnelles 62(3-4):238. (2001).
11. Belanger P.L. and Kilburn K.H. : Health Hazard Evaluation Report No. HETA 81-422-1387, California Society for Histotechnology, Los Angeles, California. United States National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH. (1983).
12. Pryor P. : Health Hazard Evaluation Report No. HETA 83-076-1414, Saint Josephs Hospital, Denver, Colorado. United States National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH. (1984).
13. Boiano J.M. : Health Hazard Evaluation Report No. HETA 84-155-1489, Clara Maass Medical Center, Belleville, New Jersey. United States National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH. (1984).
14. Daniels W.J. and Gunter, B. : Health Hazard Evaluation Report No. HETA 89-007-1983, St. Thomas More Hospital, Canyon City, Colorado. United States National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH. (1989).

15. Chrostek W.J. : Health Hazard Evaluation Report No. HETA 83-261-1448, Rolling Hill Hospital, Elkins Park, Pennsylvania. United States National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH. (1984).

16. Coldiron V.R., Ward J.B., Trieff N.M., Janssen H.E. and Smith J.H. : Occupational Exposure to Formaldehyde in a Medical Center Autopsy Service. Journal Of Occupational Medicine 25(7):544-548. (1983).

17. Koda S., Kumagai S. and Ohara, H. : Environmental Monitoring and Assessment of Short-Term Exposures to Hazardous Chemicals of a Sterilization Process in Hospital Working Environments. Acta Medica Okayama 53(5):217-223. (1999).

18. Binding N., Witting C. and Witting U. : Beispiel für eine schrittweise Verminderung der arbeitsplatzbedingten Formaldehydbelastung in der Pathologie. Pathologie 17(5):380-384, (1996).

19. Apol A. : Health Hazard Evaluation Report No. HETA 85-052-1623, Alaska Native Hospital, Anchorage, Alaska. United States National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH. (1985).

20. Bradley C. : Evaluation of Formaldehyde Exposure and Recommendation for Local Ventilation in an Autopsy Room - Report of a project carried out as a requirement of the M.Sc. (Applied) course in Occupational Health Sciences. School of Occupational Health, McGill University, Montréal. (1990).

21. Charney W. : Control of Formaldehyde Exposure in Hospitals. In: Essentials of Modern Hospital Safety, pp. 57-69. W. Charney, J. Schirmer, Eds. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI. (1990).

22. Richards R., Dupont D. et Larivière, P. : Formaldéhyde - Guide de prévention. Association pour la santé et la sécurité du travail, secteur des affaires sociales, Montréal, (1990).

23. Gouvernement du Québec : Règlement sur la santé et la sécurité du travail. Gazette officielle du Québec, Partie 2, Lois et règlements 133(29):5020-5133. (18 juillet 2001).

24. Gaudreau S., Bégin D. et Gérin, M. : Substitution du formaldéhyde dans les milieux médicaux, paramédicaux et funéraires. Dans: 22e Congrès de l'AQHSST, Québec, QC, 24-26 mai 2000, pp. 1-7. Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail, Anjou, QC. (2000).

25. IRSST, Direction des Opérations : Guide technique : Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail, 7e édition. (2000).

26. IRSST, Direction des Opérations : Analyse du formaldéhyde dans l'air – méthode 295-1 (1995) , Étalonnage d'un instrument à lecture directe ayant un système de détection par spectroscopie photoacoustique infrarouge - Méthode 39-A. (2000).

27. Crookham Dapson J. and Dapson R.W. : Hazardous Materials in the Histopathology Laboratory. Anatech Ltd., Battle Creek, MI. (1995).

28. Schwartz A. and Schwartz B. : Pollution Prevention Through Use of a Formaldehyde-Free Biological Preservative. In: Innovative Clean Technologies Case Studies Second Year Project Report, pp. 18-32. K.R. Stone, Ed. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Risk Reduction Engineering Laboratory (EPA Cooperative Agreement No. CR-817670) (EPA/600/R-94/169), Cincinnati, OH. (1994).

29. Boon M.E., Schmidt U., Cramer-Knijnenburg G.I. and Van Krieken J.H.J.M. : Using Kryofix as Alternative for Formalin Results in More Optimal and Standardized Immunostaining of Paraffin Sections. Pathology Research and Practice 188:832-835. (1992).

30. ACGIH : Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH. (2001).

31. Prentø P. and Lyon H. : Commercial Formalin Substitutes for Histopathology. Biotechnic & Histochemistry 72(5):273-282. (1997).

32. Sakura. Tissue-Tek® Neutra-Guard Aldehyde Control System. Sakura Finetek USA Inc. www.sakuraus.com

33. Forsberg K. and Keith L.H. : Chemical Protective Clothing - Permeation and Degradation Compendium. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. (1995).

34. Lara J. et Venne M. : Guide pratique de protection respiratoire. Rapport R-319, IRSST. 2002.

35. Gouvernement du Québec : Règlement sur les matières dangereuses et modifiant diverses dispositions réglementaires. Gazette officielle du Québec 129(45):6681-6714. (1997).

36. CUM : Règlement relatif aux rejets des eaux usées dans les réseaux d'égout et des cours d'eau (Règlement 87). Communauté urbaine de Montréal, Montréal. (1988).

37. Guindon J.C. : Les produits toxiques utilisés dans les centres hospitaliers : des gains appréciables et du travail à accomplir. Objectif prévention 14(4):32-34. (1991).

38. Kulle T.J., Sauder L.R., Hebel J.R. and Green D.J. : "Formaldehyde Dose-response in Healthy Nonsmokers." JAPCA 37: 919-924. (1987).

39. Weber-Tschopp A., Fischer T. and Grandjean E.: "Irritating Effects of Formaldehyde on Men." International Archives of Occupational and Environmental Health 39: 207-218. (1977).

40. Witek T.J., Schachter E.N., Tosun T. and Leaderer B.P. : "An Evalutation of Respiratory Effects Following Exposure to 2.0 ppm Formaldehyde in Asthmatics: Lung Function, Symptoms, and Airway Reactivity." Archives of Environmental Health 42(4): 230-237. (1987).